

# 用多模激光记录全息照相

黄以和

(上海市激光技术研究所)

## 提 要

本文提出一种简单的方法,可以消除在全息再现象上产生的多模干涉条纹,同时保持再现象的立体感不受损失。

## Holography with a multimode laser

Huang Yihe

(Shanghai Institute of Laser Technology)

## Abstract

A simple method is proposed to eliminate multimode interference fringes in holographic reconstruction without at the same time causing restriction on the stereoscopic feeling reconstructed images.

多模激光可以看成是许多不同模式的激光束的集合。如果记录全息图时,记录介质的某一点上,光波场是  $A$ , 显然我们有

$$A = \sum A_{mnq} e^{i(\omega_{mnq}t + \phi_{mnq})} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \int_0^T AA^* dt &= \int_0^T (\sum A_{mnq} e^{i(\omega_{mnq}t + \phi_{mnq})}) (\sum A_{m'n'q}^* e^{-i(\omega_{m'n'q}t + \phi_{m'n'q})}) dt \\ &= \sum \int_0^T A_{mnq} A_{m'n'q}^* dt + \sum \int_0^T A_{mnq} A_{m'n'q}^* e^{i[(\omega_{mnq} - \omega_{m'n'q})t + (\phi_{mnq} - \phi_{m'n'q})]} dt \end{aligned} \quad (2)$$

因为模式  $TE_{mnq}$  和  $TE_{m'n'q}$  的频率是不同的,而初位相的差  $(\phi_{mnq} - \phi_{m'n'q})$  又是随机跳动的,所以在通常的实验条件下,当曝光时间  $T$  远大于不同模式间的拍频周期和跳模周期时,积分式(2)的第二项等于0,我们得到

$$\int_0^T AA^* dt = \sum \int_0^T A_{mnq} A_{mnq}^* dt \quad (3)$$

由(3)式可以看到,多模激光束的曝光是

$A_{mnq}$  是  $TE_{mnq}$  模在这一点上的振幅,  $\omega_{mnq}$  是它的角频率,  $\phi_{mnq}$  是它的初位相。

在曝光时,这一点的曝光强度是

各个模式单独使记录介质曝光的总和,里面没有交叉项。所以在线性记录时,所得全息图的振幅透射率是各个模式单独曝光所引起的振幅透射率之和

$$T = \sum T_{mnq} \quad (4)$$

再现时,照明光波  $c$  透过全息图以后是

$$\begin{aligned} cT &= c \sum T_{mnq} = c \sum (R_{mnq} R_{mnq}^* \\ &\quad + O_{mnq} O_{mnq}^* + R_{mnq}^* O_{mnq} + R_{mnq} O_{mnq}^*) \end{aligned} \quad (5)$$

收稿日期: 1979年8月13日。

(5)式中的第三项是再现象

$$C \sum R_{mnq}^* O_{mnq} = \sum C R_{mnq}^* O_{mnq} \quad (6)$$

(6)式说明多模全息图的再现象是各个模式的再现象之和。由于各个模式的光波场在物体及记录介质的各点振幅和位相都是不同的，所以各个模式的再现象之间的振幅和位相也各不相同，他们相干迭加的结果，就是遍布于再现象表面的干涉条纹。通常多模激光的模式阶数不很高，在整个光束截面内，位相变化也只有几个到几十个周期，这样形成的干涉条纹十分粗大，所以再现象受到的干扰也非常大。

我们在物光束的扩散透镜后加一漫射片，或直接用漫射片来扩散物光束。这样物体表面的光波场被“搅乱”了，它的振幅和位相分布是随机的，而且变化很快，呈现出通常所谓的“斑点”效应。各模式之间的位相差变化相应也很快，再现象上原来粗大稀疏的干涉条纹，变成为细密的条纹网。网纹的密度相当于“斑点”的大小。斑点的大小由漫射器的孔径决定。选用足够大的漫射片，可以使斑点小得不能分辨。各模式再现象之间的干涉条纹也就足够细密，不再影响再现象的质量。

使用散射片照明的另一个优点是物光波非常“干净”，对灰尘和沾污很不敏感。

我们的实验光路如图1。物光路中没有用扩束透镜而改用两块毛玻璃。

图2是用图1光路得到的全息再现象。与记录对象相同的图3相比，可以清楚地看到，多模产生的干涉条纹消失了。

用散射物光时，散射片应当尽可能接近被拍摄的物体，这样可以减小斑点，并减少光波散射的损失。

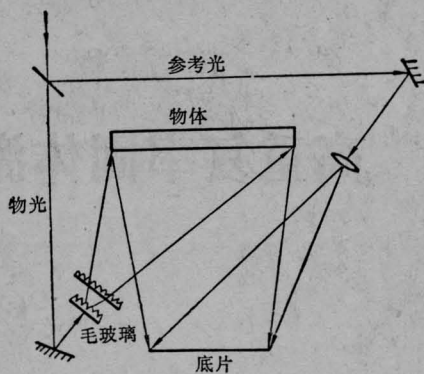


图 1

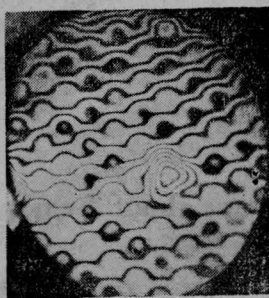


图 2



图 3

对横模数很多的固体激光器，使用漫射片的方法，可能引起衍射效率的下降。但在我们的实验中，使用的是多模运转的氦-氖激光器，横模数不很多，没有观察到衍射效率的下降。